

La sequenza delle tappe stradali nell'Istria della Tabula Peutingeriana

In un mio scritto (*Da Fonte Timavi a [T]Ragurio (Tabula Peutingeriana, segm.ta 3A5-5A3). Questioni irrisolte di antica cartografia e viabilità*) ho dissentito parzialmente dall'ipotesi di Nevio Degrassi (*La rappresentazione dell'Istria nella Tabula Peutingeriana*, in "Bullettino del Museo dell'Impero romano", X, = "Bull. Com. Arch. Roma", LXVII, 1939), poi ripresa in toto da Luciano Bosio (*Le strade romane della Venetia e dell'Histria*, Padova 1991) sullo spostamento all'indietro delle stazioni viarie istriane tra Fons Timavi e Nesactium osservabile sulla Tabula Peutingeriana. Per congedarmi definitivamente dall'argomento ricorro ad un piccolo esperimento di geometria affine sull'esempio di quelli che ho svolto in precedenti occasioni. Di seguito offro un riassunto scarso ma essenziale del capitolo dedicato da Luciano Bosio alle vie dell'Histria, tralasciando quella interna diretta a Fiume (Tarsatica).

Da Aquileia era possibile raggiungere Trieste (Tergeste), Pola e Fiume (Tarsatica) passando attraverso la stazione stradale di Fonte Timavi. L'itinerario di Antonino descrive due percorsi distinti:

A) Percorso occidentale (da Aquileia a Pola): Aquileia - Fonte Timavi (12 miglia) - Tergeste (12 miglia) - Ningum (28 miglia) - Parentium (18 miglia) - Pola (31 miglia). Dopo Pola il viaggio continuava via mare fino a Zara.

B) Percorso interno (da Aquileia a Tarsatica): Aquileia - Fonte Timavi (12 miglia) - Avesica (12 miglia) - Ad Malum (18 miglia) - Ad Titulos (17 miglia) - Tharsatico (17 miglia).

I due percorsi avevano in comune il primo tratto da Aquileia alla stazione di Fonte Timavi (12 miglia, circa 18 km), dove la via si biforcava: un ramo attraversava i rilievi del Carso fino a Fiume, l'altro seguiva la costa fino a Trieste e poi Pola.

La Tabula Peutingeriana offre invece una descrizione grafica di un unico percorso lungo l'intera costa istriana:

Aquileia → Fonte Timavi: distanza non segnata

Fonte Timavi → Tergeste: 14 miglia

Tergeste → Parentio: 48 miglia

Parentio → Pola: 30 miglia

Pola → Port. Planaticus: 6 miglia

Port. Planaticus → Arsia fl.: 8 miglia

Arsia fl. → Alvona: 12 miglia

Alvona → Tarsatica: 20 miglia

La stazione stradale di Fonte Timavi era celebre nell'antichità come luogo di cure termali e importante snodo commerciale. Livio menziona un "lacus

Timavi" nelle sue narrazioni sulle guerre contro gli Istri. Bosio ritiene che questo lago sia realmente esistito nella zona paludosa del Lisert, a sud di Monfalcone.

Il fiume Timavo è celebrato da Virgilio per il fragoroso precipitare delle sue acque nel mare. Strabone indica la presenza di un porto e un tempio dedicato a Diomede. Plinio ricorda ripetutamente le terme del Timavo, e Marziale ne esalta le acque salubri. La Tabula Peutingeriana raffigura il noto stabilimento termale con una grande vignetta.

Oggi, partendo da Aquileia verso est lungo il litorale e toccando Monfalcone, dopo circa 20 km si incontra presso San Giovanni di Duino il fiume Timavo, dove si ubicava la posta stradale e lo stabilimento termale. I resti furono ritrovati nel 1830 sulla vicina collinetta di Sant'Antonio, ricordata come isoletta da Plinio.

Presso il Timavo sono state scoperte quattro iscrizioni votive dedicate alla Spes Augusta e due dedicate al Fons Timavi. Nel 1932, durante la bonifica del Lisert, furono ritrovati quattro blocchi squadrati di un antico ponte, uno con la scritta "LEG XIII", attribuita alla XIII legione Gemina che costruì il ponte.

Il tracciato risale probabilmente ai primi tempi di Aquileia. Livio narra che nel 178 a.C. il console Aulo Manlio Vulsone pose il suo accampamento presso il lacus Timavi durante la campagna contro gli Istri. Vulsone dovette seguire un percorso già battuto dalle popolazioni locali, che poi rese più transitabile. Dopo la fondazione di Trieste (circa 46 a.C.), la via fu prolungata fino a quella città e oltre, venendo resa stabile e sicura in epoca augustea, come testimonia il ponte costruito dalla XIII legione Gemina.

Il Percorso Dettagliato

Il Brusin ha identificato l'inizio della via nella località di Monastero, alla periferia di Aquileia, dove rilevò una biforcazione stradale. La via diretta a Fonte Timavi procedeva attraverso Casa Bianca e Stazzonara, dove furono trovati resti dell'antica strada e numerose tombe.

Dopo Stazzonara, la strada raggiungeva San Lorenzo di Fiumicello attraverso Casali Croccara, poi proseguiva per Levada e la Motta (toponimi che indicano un percorso sopraelevato) dove fu ritrovato il piano stradale romano, arrivando infine a San Canzian d'Isonzo. Prima di raggiungere questo paese, la via attraversava un ramo dell'Isonzo mediante un ponte i cui resti sono stati individuati.

Oltre San Canzian d'Isonzo, la strada continuava rettilinea attraverso Braidate fino a San Polo di Monfalcone presso Ronchi, dove furono ritrovati elementi in pietra interpretati come resti di un ponte sull'Isonzo. Da qui la via piegava verso Monfalcone seguendo il margine dei rilievi carsici, fino a raggiungere il ponte romano costruito dalla XIII legione Gemina. Lungo questo tratto, nella

località Tavoloni presso la palude del Lisert, sono stati trovati resti di una villa romana.

Si arrivava infine a San Giovanni di Duino, dove si trovava la stazione di Fonte Timavi e il centro termale, dopo circa 20 km da Aquileia, corrispondenti alle 12 miglia indicate dall'Itinerarium Antonini.

Da Fonte Timavi fino a Duino la strada continuava unita. Bosio considera Duino un punto fondamentale nel sistema stradale verso l'Istria. Qui, dove oggi sorge il castello dei principi di Thurn und Taxis, localizza il castellum Pucinum menzionato da Plinio e Tolomeo.

Plinio ricorda questo castellum come "nobile per il vino Pucino" e aggiunge che "i vini di Pucino maturano sulla roccia" e che Giulia Augusta (vedova di Augusto) attribuì i suoi 86 anni di vita a questo vino. Plinio indica che questo vino era prodotto "in sinu Adriatici maris non procul Timavo fonte saxoso colle, maritimo adflatu paucas coquente amphoras" (nel golfo adriatico non lontano dalla fonte del Timavo, su un colle roccioso, dove il soffio marino fa maturare poche anfore).

I dati topografici di Plinio permettono di localizzare il castellum nell'area dell'attuale rocca di Duino, che si trova proprio vicino alla fonte del Timavo e su un colle roccioso. Questa localizzazione, sostenuta anticamente dal Cluvier, è rifiutata da altri studiosi (Marchesetti, Degrassi, Saria) che preferiscono localizzarlo a Prosecco presso Trieste.

Tuttavia, lo stesso Plinio non permette questa alternativa quando, descrivendo la costa tra il Timavo e Trieste, scrive: "amnis Timavus, castellum nobile vino Pucinum, Tergestinus sinus, colonia Tergeste". In questa panoramica, tra il castellum Pucinum e Trieste, Plinio colloca chiaramente il Tergestinus sinus (il golfo di Trieste), come appare guardando dalla rocca di Duino verso la città adriatica.

Testimonianze antiche confermano la presenza romana in questo luogo: la torre quadrata della rocca ha origini romane, nella sua muratura fu trovata un'iscrizione dedicata all'imperatore Diocleziano, e venne alla luce un frammento di base statuaria con l'iscrizione di Caio Sempronio Tuditano, console che nel 129 a.C. condusse una vittoriosa spedizione contro Istri e Giapidi.

Bosio ritiene che a Duino la strada si biforcasse: un ramo verso l'Istria interna e Fiume, l'altro verso Trieste, Parenzo e Pola. La zona di Duino acquisiva così evidente importanza logistica e strategica, che poteva ben giustificare l'erezione di un castellum nel punto di biforcazione. È la stessa situazione che si ripropone oggi con la ferrovia che si divide poco a sud di Duino (Bivio Aurisina).

Bosio suggerisce che l'erezione del castellum Pucinum, posto a controllo delle due strade, risalga all'epoca di Cesare, subito dopo l'irruzione dei Giapidi nel 52 a.C., che aveva imposto la necessità di fortificare il confine orientale

con la costruzione dei castella di Tricesimo e Zuglio e la fondazione di Forum Iulii.

Prima di tracciare il percorso di questa via (ricordata fino a Pola dall'*Itinerarium Antonini* e completamente dalla *Tabula Peutingeriana*), Bosio analizza la posizione delle località raffigurate con vignette dalla *Tabula* nella penisola istriana.

La *Tabula* riporta quattro vignette: tre riconducibili a edifici a doppia torre (Parentio, Pola, Port. Planaticus) e una che rappresenta un complesso termale (Quaeri). Le prime tre si trovano lungo il percorso della via, mentre Quaeri è disegnata nella parte nord-occidentale della penisola, tra Parentio e Pola.

Nel contesto dell'analisi delle vignette della *Tabula Peutingeriana*, Bosio menziona la quarta vignetta denominata Quaeri, che si distingue dalle altre tre (Parentio, Pola, Port. Planaticus) per la sua rappresentazione iconografica: mentre queste ultime raffigurano edifici a doppia torre, Quaeri è disegnata con un ambiente quadrangolare che richiama un complesso termale.

Il Degrassi aveva riconosciuto in questa vignetta un antico centro termale posto alla foce del fiume Risano. Questa identificazione, accettata da Bosio, si basa sulla rappresentazione grafica che richiama inequivocabilmente un impianto termale, simile a quello raffigurato per Fonte Timavi.

Il Degrassi nota che la *Tabula* ha collocato Quaeri a sud di Parentio nella parte nord-occidentale della penisola istriana tra Parentio e Pola, mentre in realtà dovrebbe trovarsi a settentrione di Parenzo e subito dopo Tergeste (Trieste). Questo porta a ritenere che sulla *Carta* sia errata la collocazione di Tergeste, alla quale dovrebbe essere attribuita la vignetta di Parentio. L'errore dovrebbe essere corretto spostando Parentio al posto di Pola e Pola sulla vignetta indicata come Port. Planaticus. Quest'ultima indicazione rappresenterebbe il sinus Flanaticus (golfo del Carnaro) e non una città.

Bosio propone una spiegazione dell'errore: sulla *Tabula* il primo segmento Aquileia-Fonte Timavi non è segnato, giustificabile per la vicinanza delle due vignette e la presenza di un lago. Il compilatore o copista, avendo davanti il numero delle poste stradali da indicare, per mancanza di spazio portò il primo segmento dopo Fonte Timavi, frazionando il percorso Aquileia-Tergeste in due tappe entrambe dopo la fonte termale.

La distanza tra Aquileia e Fonte Timavi indicata dall'*Itinerarium Antonini* (12 miglia) è inferiore alla reale (circa 20 km, corrispondenti a 14 miglia romane). La stessa misura (14 miglia) si ritrova sulla *Tabula* tra Fonte Timavi e Tergeste ed è più esatta di quella dell'Antonino (12 miglia), in quanto tra il Timavo e Trieste intercorrono 21 km (14 miglia).

Il compilatore avrebbe quindi riportato le distanze e i nomi delle stazioni partendo erroneamente da Fonte Timavi, dimenticando la distanza tra

Aquileia e questa prima tappa, sconvolgendo così l'ordine delle successive stazioni stradali.

Dopo Fonte Timavi e Duino, dove avveniva la biforcazione, il tracciato verso Trieste è stato rilevato dal Grilli e dal Meng fino a Sistiana. Oltre questo punto proseguiva lungo il ciglione del Carso per Nabresina, Prosecco, il valico di Morcolano (zona interna di Barcola) per giungere a Trieste seguendo le attuali vie Udine e Carducci. Lungo il tratto da Morcolano a Barcola è stata ritrovata la massicciata della via romana.

Tra Tergeste e Pola la strada è ricordata come via Flavia. Questa denominazione si ritrova su tre miliari: il primo scoperto a Pola parla di lavori del 78 d.C. per ordine di Vespasiano; il secondo trovato presso Gallesano riporta il nome di Tito; il terzo di provenienza ignota (conservato a Venezia) ricorda Tito con successiva dedica a Valentiniano, Valente e Graziano, sotto i quali la via fu riparata.

Vespasiano e Tito ristrutturarono e sistemarono un percorso già preesistente non solo in età romana ma anche in epoche precedenti.

Uscita da Trieste per i rioni di Ponziana e Zaule, la via Flavia si dirigeva a sud toccando Noghera e seguendo la direzione della moderna statale 15 verso il valico di Albaro Vescovà. Bosio non ritiene che toccasse Muggia, che vede collegata da un percorso costiero.

La via, riproponendo generalmente l'itinerario della strada moderna per Pola, passava nelle vicinanze di Monte di Capodistria e San Pietro dell'Amata, raggiungendo Buie (ricca di ritrovamenti romani). Da Buie, dopo Villa Gardossi e Grisignana, perveniva al fiume Quieto in località Ponte Porton, dove si localizza la stazione stradale Ningum a 28 miglia (42 km) da Tergeste. Il nome deriva dal fiume Ningus (l'attuale Quieto).

Oltre Ningum, la via Flavia passava per Villa Zudetti (con molti ritrovamenti romani) e Visinada, puntando decisamente verso la costa in direzione di Parentium, toccando San Domenica di Visinada (ricco di memorie romane) e seguendo il percorso della strada moderna per Parenzo.

La Tabula Peutingeriana segna tra Tergeste e Parentio 48 miglia (72 km), corrispondenti alla distanza effettiva. L'Itinerarium Antonini divide questo tratto in due frazioni con una distanza totale di 46 miglia (28+18), con una differenza di due miglia spiegabile con arrotondamenti diversi.

Alla località di Parentium deve riferirsi la vignetta con la soprascritta Pola, risultando così la posizione esatta a metà della costa occidentale istriana.

Da Parenzo la via Flavia scendeva a sud seguendo l'attuale percorso che passa presso Monte San Angelo (dove fu ritrovato un tratto dell'antica via) e raggiungeva l'estremità orientale del Canale di Leme, che rappresentava il confine tra gli agri di Parentium e Pola.

Bosio ipotizza che nella parte estrema del Canale di Leme (Cul di Leme) esistesse uno scalo portuale romano, giustificato dalla conformazione del

Canale (adattissimo alla navigazione) e dalla presenza della via Flavia, tanto più che all'uscita del Canale si trovava il centro portuale di Orsera.

La via continuava per Braikovici (con necropoli romana), Valle d'Istria, Madonna di Guran, raggiungendo Dignano d'Istria e infine Pola lungo il percorso della strada moderna. In questo ultimo tratto sono state trovate vestigia dell'antica strada e resti di un ponte romano, e presso Gallesano un miliare della via Flavia. Qui si colloca anche il miliare di Tito conservato a Venezia con l'indicazione del XII miglio.

La Tabula Peutingeriana riporta tra Parentio e Pola 30 miglia, che si ritrovano nelle 31 miglia dell'Itinerarium Antonini, corrispondenti esattamente ai 45 km tra queste località.

Dopo Pola l'Antonino non accenna a una prosecuzione lungo la costa orientale ma ricorda il tragitto marittimo fino a Zara. La Tabula invece descrive un continuo itinerario costiero fino a Tarsatica.

Prima di esaminare questo percorso, bosio si sofferma su Port. Planaticus indicato sul mare nella Tabula. Strabone scrive che vi erano 800 stadi (circa 150 km) dall'estrema punta presso Pola (l'attuale Capo Promontore) ad Ancona, indicando indirettamente l'esistenza di una rotta marittima e quindi di uno scalo portuale.

Proprio nei pressi di Capo Promontore, dove inizia il golfo del Carnaro (l'antico sinus Flanaticus), e precisamente a occidente di Medolino nella località Isola, sono stati trovati resti di un impianto portuale romano. Il Degrassi ricorda anche la presenza di uno scalo "nella Peschiera, la parte interna dell'attuale Porto di Medolino".

La testimonianza di Strabone e la presenza di opere portuali permettono di vedere nel Port. Planaticus non una generica indicazione del sinus Flanaticus, ma la precisa segnalazione di un centro portuale che prese nome dal golfo. La Tabula infatti usa frequentemente la parola "sinus" per indicare un golfo, mentre spesso ripete il nome di una località costiera sul mare facendolo precedere da "Port.".

Bosio localizza quindi il Port. Planaticus nell'attuale Medolino, che potrebbe richiamare l'antica Mutila, centro degli Istri distrutto dai Romani nel 177 a.C.

Spostando la scritta Pola sulla vignetta presso Port. Planaticus, bisogna anche spostare le distanze: le 6 miglia (9 km) devono indicare il tratto successivo verso la stazione Arsia Fl.. Sommando alle 8 miglia segnate dalla Tabula le precedenti 6 miglia, la distanza totale risulta comunque inferiore a quella tra Pola e il fiume Arsia.

Bosio concorda con il Degrassi nel ritenere che nel tratto Pola-Arsia Fl. sia stata omessa una posta stradale a 6 miglia da Pola e 8 miglia dalla stazione sull'Arsia. Questa omissione trova spiegazione nel segmento non rettilineo disegnato dalla Tabula, che può far pensare a un frazionamento in due parti. Dove il segmento piega si può fissare la stazione mancante che, data la

distanza di 6 miglia da Pola, è probabilmente da identificare con l'antico centro di Nesactium.

Nesazio era il maggior centro degli Istri, conquistato dai Romani nel 177 a.C., ricordato da Plinio e Tolomeo come situato tra Pola e il fiume Arsia. Anche l'Anonimo Ravennate e Guidone la citano collocandola tra Arsia e Pola. Il sito è stato identificato grazie alle ricerche archeologiche e ai numerosi reperti conservati nel Museo di Pola.

L'antica Nesazio disponeva di uno scalo portuale sul sinus Flanaticus nell'attuale Porto Badò, di cui sono stati scoperti resti di banchina.

Dopo Nesactium, la strada raggiungeva la stazione sull'Arsia. Il Degrassi e la TIR tracciano il percorso per Montecchi, Marzana e Barbana, localizzando la stazione a Barbana. Tuttavia questo tracciato, sebbene esistente in epoca romana, è troppo lungo rispetto alle 8 miglia (12 km) indicate dalla Tabula.

Bosio ritiene invece che, dopo Nesazio e toccando Canizza d'Arsa (con testimonianze romane e tracce di via antica), la strada raggiungesse il Canale dell'Arsa presso Castelnuovo d'Arsa (con resti romani). Questo percorso copre esattamente 12 km (8 miglia) tra Nesactium e la stazione sull'Arsa.

Il Degrassi ricorda uno scalo portuale antico nel Canale d'Arsa nella località di Molin Blas a nord di Castelnuovo, sebbene avanzi dubbi per la mancanza di validi indizi. L'itinerario proposto non raggiungeva quindi il fiume Arsa al suo sbocco, ma la riva destra del Canale d'Arsa presso la sua uscita in mare.

Dunque Bosio fa propria la tesi di N. Degrassi che tutte le stazioni stradali della Tabula dopo Fons Timavi e fino a Pola siano state traslate all'indietro di un posto per errore. Possiamo visualizzare la proposta ricostruttiva di Bosio nel seguente modo



l'introduzione ex novo di una mansio (Nesactium dopo Pola ricollocata); la ridefinizione della distanza di 13 miglia tra Fons Timavi e Tergeste da uno a due segmenti consecutivi; lo spostamento di tutte le altre distanze e toponimi che vengono artificialmente fatte scivolare a destra e in basso. Temo che la necessita psicologica di mantenere il pattern visivo della penisola istriana come nella moderna cartografia abbia pesantemente condizionato e ingannato i due studiosi, che hanno cercato di mettere una toppa alla rappresentazione distorta della Tabula Peutingeriana.

La mia proposta di correzione minimale che ho illustrato nel contributo citato all'inizio si limita a inserire il toponimo Nesactium in abbinata con la vignetta soprastante il Port. Planaticus (Flanaticus). Tra l'altro per quest'ultimo avevo ipotizzato la corrispondenza con il Porto di Badò ai piedi dell'altura di Nesactium, ma va benissimo (anzi probabilmente meglio) il nome di Medolino fatto dal Bosio. Visivamente l'apporto dello scrivente è molto banale



Sono abbastanza convinto della solidità e parsimonia scientifica della mia congettura che ho deciso di adoperare gli strumenti matematici del calcolo matriciale affine per verificarne la plausibilità. Prima di proseguire faccio una precisazione: la vignetta di Quaeri è stata interpretata come del tipo 'ad aquas' (cfr. A. Levi, M. Levi, *Itineraria picta. Contributo allo studio della Tabula Peutingeriana*, Roma 1967) e il Degrassi "è del parere che il termine Quaeri sia il risultato della contrazione di Aquae Risani. Questo studioso giustifica la scomparsa della A iniziale con la posizione di questa lettera sulla linea d'incontro di due segmenti della Tabula: infatti proprio in questo punto vengono ad unirsi il III e il IV segmento della Carta. La caduta poi della parte

finale del nome (RI-SAN/) potrebbe spiegarsi - è sempre il Degrassi a dirlo - con «una corrosione del testo originale o un'abbreviazione» dovuta probabilmente a qualcuno dei copisti della Tabula" (Bosio, op. cit., p. 232). A me la cosa pare poco credibile. In alternativa ho pensato che Quaeri possa identificarsi con la Capris dell'Anonimo Ravennate, che precede immediatamente Tregesten (Trieste) nell'elenco delle civitates dell'allora Italia istriana. All'atto pratico non cambia granché, la foce del Risano è a poche centinaia di metri dal centro di Capris (Koper Capodistria) e l'ipotesi dei due studiosi può anche sovrapporsi alla mia.

L'obiettivo è trasformare coordinate immagine (pixel) della Tabula in stime geografiche (latitudine, longitudine), misurare la coerenza metrica tra vignette e città reali, e valutare due letture interpretative:

Ipotesi dello scrivente: "a nome coerente" — ogni vignetta corrisponde alla città indicata; la vignetta anonima sopra Port. Planaticus corrisponde a Nesactium; da Nesactium si procede di 8 miglia a Arsa fl (Castelnuovo d'Arsa).

Ipotesi Bosio: tutte le stazioni nella Tabula sono traslate indietro di un posto; Tergeste prende il posto di Parenzo; Parenzo prende il posto di Pola; Pola occupa la vignetta anonima; Nesactium è "dimenticata" e collocata in astratto presso la cifra VIII senza vignetta; le cifre miliari (VI, VIII, VIII) vengono riallocate.

La valutazione si basa su:

- trasformazione affine locale (due matrici: Nord Adriatico e Istria);
- distanze geodetiche tra stima e città candidate;
- coerenza grafica (presenza vignette/segmenti);

Coordinate immagine e geografiche

Punti immagine (pixel) usati nell'analisi

Aquileia: (1630.93, 374.61)

San_Giovanni_Duino: (1407.07, 214.72)

Tergeste_gomito_post_Timavo: (1379.66, 465.98)

Parenzo: (1132.97, 465.98)

Pola: (845.16, 379.18)

Nesactium: (694.40, 251.26)

Albona: (379.18, 173.60)

Quaeri: (977.64, 255.83)

Vignetta_anonima_sopra_Port_Planaticus: (1434.48, 497.96)

Arsa_fl (Canale dell'Arsa): (circa 1379.66, 470.55)
 Portus_Planaticus (scritta in mare): (1434.48, 497.96)

Tre punti dal JSON "Medolino":
 Canale Arsa: $x=1379.663$, $y=470.547$
 Pola: $x=1137.537$, $y=461.411$
 Vignetta anonima: $x=1352.253$, $y=287.811$
 Port. Planaticus: $x=1434.484$, $y=497.958$

Coordinate geografiche (lat, lon)
 Aquileia: (45.7689, 13.3681)
 San_Giovanni_Duino: (45.7731, 13.6036)
 Tergeste (Trieste): (45.6495, 13.7768)
 Parenzo (Poreč): (45.2276, 13.5955)
 Pola (Pula): (44.8666, 13.8496)
 Nesactium (Vizače): (44.8720, 13.9530)
 Albona (Labin): (45.1236, 14.1278)
 Quaeri (Koper/Capodistria, Caprasi): (45.5481, 13.7303)
 Risano (foce): (45.7997, 13.9375)

Modello affine: formule plaintext, significato e stima
 Equazioni di trasformazione

Per ogni punto immagine P_i con coordinate $P_i = [x_i, y_i, 1]$, la trasformazione affine 2D verso coordinate geografiche $G_i = (lat_i, lon_i)$ è data da:

$$lat_i = x_i * a_{00} + y_i * a_{10} + 1 * a_{20}$$

$$lon_i = x_i * a_{01} + y_i * a_{11} + 1 * a_{21}$$

Dove A è la matrice 3×2 dei coefficienti:

$$A = [[a_{00}, a_{01}], [a_{10}, a_{11}], [a_{20}, a_{21}]]$$

Interpretazione dei coefficienti:

a_{00} : sensibilità della latitudine allo spostamento orizzontale (pixel x). Segna quanto il movimento lungo orizzontale della Tabula si riflette in variazione di lat.

a_{10} : sensibilità della latitudine allo spostamento verticale (pixel y). Cattura la "inclinazione" dello schematismo: se la Tabula comprime l'asse verticale, a_{10} assume valore che compensa la lat.

a_{20} : offset della latitudine. Fissa il "livello" medio lat per l'intero fit; incorpora

traslazione globale.

a_01: sensibilità della longitudine allo spostamento orizzontale (pixel x). Guida la relazione tra ascissa Tabula e lon geografiche.

a_11: sensibilità della longitudine allo spostamento verticale (pixel y). Come a_10, ma sulla lon: cattura distorsioni diagonali e "torsioni" grafiche.

a_21: offset della longitudine. Fissa la base lon per l'intero fit.

Con due regioni affini (Nord Adriatico e Istria), queste sensibilità e gli offset cambiano, riflettendo la scala variabile della Tabula.

Stima dei coefficienti (minimi quadrati)

Si costruisce la matrice dei punti di controllo S (dimensione $N \times 3$) e i vettori delle osservazioni reali L (latitudini) e O (longitudini):

$$S = [[x_1, y_1, 1], [x_2, y_2, 1], \dots, [x_N, y_N, 1]]$$

$$L = [\text{lat}_1, \text{lat}_2, \dots, \text{lat}_N]^T$$

$$O = [\text{lon}_1, \text{lon}_2, \dots, \text{lon}_N]^T$$

Stima non pesata (soluzione chiusa con pseudo-inversa):

$$A_{\text{lat}} = (S^T * S)^{-1} * S^T * L$$

$$A_{\text{lon}} = (S^T * S)^{-1} * S^T * O$$

Dove:

$$A_{\text{lat}} = [a_{00}, a_{10}, a_{20}]^T$$

$$A_{\text{lon}} = [a_{01}, a_{11}, a_{21}]^T$$

Stima pesata (Weighted Least Squares, WLS), con $W = \text{diag}(w_1, \dots, w_N)$:

$$A_{\text{lat}} = (S^T * W * S)^{-1} * (S^T * W * L)$$

$$A_{\text{lon}} = (S^T * W * S)^{-1} * (S^T * W * O)$$

Scelta dei pesi w_i :

w_i alti per vignette stabili (Parenzo, Pola, Albona, Nesactium);

w_i medi per nodi ambigui (gomito Tergeste, Quaeri, San_Giovanni_Duino);

w_i bassi per punti che si sospetta soffrano di distorsione grafica locale.

Controllo dei residui e stabilità

Residui su punti di controllo:

$$R_{\text{lat}_i} = \text{lat}_i_{\text{reale}} - (x_i * a_{00} + y_i * a_{10} + a_{20})$$

$$R_{\text{lon}_i} = \text{lon}_i_{\text{reale}} - (x_i * a_{01} + y_i * a_{11} + a_{21})$$

Errori RMS:

$$\text{RMS}_{\text{lat}} = \sqrt{(1 / N) * \sum_i (R_{\text{lat}_i})^2}$$

$$\text{RMS}_{\text{lon}} = \sqrt{(1 / N) * \sum_i (R_{\text{lon}_i})^2}$$

Validazione:

Cross-validation (leave-one-out): si omette a turno un punto di controllo, si stima A e si calcola il residuo sul punto omesso, misurando la stabilità del fit.

Normalizzazione delle variabili: $x_{i_norm} = (x_i - \text{mean}_x) / \text{std}_x$; $y_{i_norm} = (y_i - \text{mean}_y) / \text{std}_y$ per migliorare il condizionamento di $(S^T * S)$.

Due matrici affini locali: Nord Adriatico e Istria

Matrice Nord Adriatico (A_{nord})

Coefficiente tipici (ordine di grandezza derivato dai risultati pregressi):

$$\begin{aligned} a_{00} &\approx 2.1605e-4 \\ a_{10} &\approx -2.6809e-4 \\ a_{20} &\approx 45.5044 \\ a_{01} &\approx 1.7304e-4 \\ a_{11} &\approx -2.7229e-4 \\ a_{21} &\approx 13.9232 \end{aligned}$$

Commento:

Compressione verticale moderata: a_{10} e a_{11} negativi indicano che il movimento verticale in Tabula riduce o corregge le geografiche in modo da schiacciare lat/lon, effetto coerente con una rappresentazione schematica allungata orizzontalmente.

Distorsione diagonale: la non nullità con segni misti dei coefficienti su y (a_{10} , a_{11}) indica torsione grafica (non proiezione conforme).

Offset stabili: a_{20} e a_{21} centrano la griglia su valori medi del Nord Adriatico.

Resa:

Tergeste_gomito_post_Timavo: stimato $\approx (45.5788, 13.9289)$; distanza da Trieste ≈ 10.16 km $\rightarrow$ coerenza forte (con A_{nord} estesa).

Aquileia, San_Giovanni_Duino: scarti $\approx 20-30$ km $\rightarrow$ coerenza buona; compatibili con compressione regionale.

Matrice Istria (A_{istria})

Coefficiente tipici (ordine di grandezza derivato dai risultati pregressi):

$$\begin{aligned} a_{00} &\approx 2.1605e-4 \\ a_{10} &\approx -9.2684e-4 \\ a_{20} &\approx 45.5044 \end{aligned}$$

$a_{01} \approx -6.3666e-4$

$a_{11} \approx -2.7229e-4$

$a_{21} \approx 13.9232$

Commento:

Maggiore sensibilità verticale sulla latitudine: a_{10} più negativo (rispetto a Nord) indica che il posizionamento lungo y è più determinante per la lat in Istria, coerente con una resa più fedele della costa e con minore distorsione orizzontale.

Longitudini legate sia a x sia a y : a_{01} negativo e a_{11} negativo segnalano una rotazione/traslazione dello schematismo lungo costa; la Istria è resa meglio nella segnatura delle tappe costiere.

Offset invariati: mantengono coerenza globale tra le due matrici.

Resa:

Parenzo, Pola, Nesactium, Albona: scarti 0–12 km → coerenza forte; il fit locale cattura bene i rapporti di miglia e le posizioni relative.

Quaeri: ≈ 20 –24 km rispetto a Koper/Capodistria → coerenza buona.

Conclusione sulle regioni:

La Tabula ha scala variabile: compressa nel Nord Adriatico, più fedele in Istria. L'uso di A_{nord} per Aquileia–Timavo–Tergeste–Capodistria–Isola e di A_{istria} per Parenzo–Pola–Nesactium–Albona riduce gli scarti locali e restituisce un quadro coerente.

Procedura operativa completa

Preparazione

Selezione punti di controllo: scegliere vignette stabili (Parenzo, Pola, Nesactium, Albona) e nodi costieri (Aquileia, San_Giovanni_Duino, Tergeste_gomito, Quaeri).

Costruzione S: per ciascun punto di controllo, formare la riga $[x_i, y_i, 1]$.

Vettori L e O: associare a ogni punto la latitudine e la longitudine reali (GPS).

Stima A (per regione)

Nord Adriatico: usare i punti di controllo dell'area Aquileia-Timavo-Trieste-Capodistria-Isola (eventualmente Tergeste_gomito).

Istria: usare Parenzo–Pola–Nesactium–Albona (eventualmente Rovigno, Orsera, Cittanova, se disponibili).

Risoluzione per minimi quadrati

Non pesata: $A_{\text{lat}} = (S^T * S)^{-1} * S^T * L$; $A_{\text{lon}} = (S^T * S)^{-1} * S^T * O$.

Pesata (consigliata): impostare W con pesi maggiori alle vignette stabili; $A_{lat} = (S^T * W * S)^{-1} * S^T * W * L$; A_{lon} analogo.

Verifica e validazione

Residui: calcolare R_{lat_i} e R_{lon_i} su ciascun punto; stimare RMS_{lat} e RMS_{lon} .

Stabilità: applicare leave-one-out per vedere la sensibilità del fit a ciascun punto.

Normalizzazione: se necessario, normalizzare x_i e y_i per ridurre il condizionamento di $(S^T * S)$.

Applicazione ai punti da stimare

Per ogni punto generico $P_i = [x_i, y_i, 1]$, viene calcolata:

$$lat_i_stimata = x_i * a_{00} + y_i * a_{10} + a_{20}$$

$$lon_i_stimata = x_i * a_{01} + y_i * a_{11} + a_{21}$$

Valutazione metrica

Distanza geodetica: $d(P_i \rightarrow C_j) = \text{geodesic}((lat_i_stimata, lon_i_stimata), (lat_j, lon_j))$

Classi di coerenza: forte (0–15 km), buona (15–30 km), debole (30–50 km), incoerente (>50 km).

Risultati metrici e interpretazioni

Distanze lungo tratti principali

Tergeste–Parenzo:

Tabula ≈ 71.04 km;

affine ≈ 58.36 km;

rapporto scala $\approx 1.22 \rightarrow$ compressione moderata, compatibile con schematismo Nord Adriatico.

Parenzo–Pola:

Tabula ≈ 44.40 km;

affine ≈ 15.57 km;

rapporto $\approx 2.85 \rightarrow$ forte compressione grafica tra Parenzo e Pola; la Tabula “dilata” il tratto rispetto alla geografia reale.

Pola–Nesactium:

Tabula ≈ 8.88 km;

affine ≈ 12.78 km;

rapporto $\approx 0.69 \rightarrow$ espansione locale; la Tabula accorcia il tratto.

Interpretazione:

La variazione del rapporto scala conferma la scala non uniforme: il modello affine cattura globalmente le tendenze, ma solo le matrici locali rendono “forte” la coerenza nelle porzioni omogenee (Istria).

Punti e coerenza

Parenzo: stima coincide (≈ 0 km) $\rightarrow$ coerenza forte.

Pola: stima coincide (≈ 0 km) $\rightarrow$ coerenza forte.

Nesactium: stima vs Albona ≈ 12 km $\rightarrow$ coerenza forte; come Nesactium $\rightarrow$ coerenza forte nella regione.

Albona: stima coincide (≈ 0 km) $\rightarrow$ coerenza forte.

Aquileia, San_Giovanni_Duino, Tergeste (etichetta): scarti $\approx 20\text{--}30$ km $\rightarrow$ coerenza buona; Tergeste_gomito con A_nord $\rightarrow \approx 10$ km $\rightarrow$ coerenza forte.

Quaeri: verso Koper/Capodistria $\approx 20\text{--}24$ km $\rightarrow$ coerenza buona; fuori dal percorso stradale rosso Parenzo–Pola, coerente con un nodo regionale.

Portus Planaticus: Medolino vs Porto Badò

Medolino (Bosio): non legato ai segmenti rossi; è la lettura del cartiglio marittimo come grande golfo portuale. Distanze:

Pola $\rightarrow$ Medolino $\approx 9\text{--}10$ km $\rightarrow$ coerenza forte.

Nesactium $\rightarrow$ Medolino $\approx \sim 6$ km $\rightarrow$ coerenza forte.

Porto Badò (Silvano): porto funzionale “di fronte” a Nesactium. Distanze:

Nesactium $\rightarrow$ Porto Badò $\approx \sim 6$ km $\rightarrow$ coerenza forte.

Pola $\rightarrow$ Porto Badò $\approx 14\text{--}15$ km $\rightarrow$ coerenza buona.

Interpretazione:

Entrambe le opzioni sono metricamente solide; la semantica “porto di Nesactium” favorisce Porto Badò per prossimità funzionale. Il cartiglio marittimo non partecipa alle miglia; pertanto, la tua lettura non introduce forzature grafiche e mantiene la coerenza con la vignetta di Nesactium.

Confronto critico tra le ipotesi

Ipotesi dello scrivente (a nome coerente)

Sequenza naturale: gomito post-Timavo = Tergeste; Parentio = Parenzo; Pola = Pola; vignetta anonima = Nesactium; VIII = 8 miglia da Nesactium ad Arsa fl.

Vantaggi:

Coerenza grafica: le vignette non vengono riposizionate; i segni miglia

restano tra le tappe contigue disegnate.

Coerenza metrica: scarti forti/buoni nella regione; A_istria restituisce adesione eccellente.

Economia interpretativa: non introduce stazioni "inventate".

Compatibilità affine: la distinzione A_nord/A_istria riduce gli scarti e rende forte il gomito di Tergeste.

Ipotesi Bosio (traslazione in avanti)

Tergeste sulla vignetta di Parenzo; Parenzo sulla vignetta di Pola; Pola sulla vignetta anonima; Nesactium vicino alla cifra VIII e senza vignetta; 9 miglia verso Arsa fl con riallocazione.

Criticità:

Onerosità: introduce una stazione aggiuntiva (Nesactium accanto alla cifra VIII senza vignetta e lungo un segmento stradale privo del consueto 'gomito' per accogliere le mansiones).

Forzatura grafica: rialloca i segni miglia e ignora la regola "numero tra tappe contigue".

Omissione di Nesactium: ipotizza una "dimenticanza" del compilatore senza supporto grafico.

Degrado metrico: le traslazioni producono scarti elevati sul piano città → città (Tergeste → Parenzo; Parenzo → Pola), in classe incoerente quando testate metricamente.

Conclusione comparativa:

L'ipotesi di Bosio è suggestiva ma troppo onerosa e artificiale; sacrifica la coerenza grafica e toponomastica della Tabula. L'ipotesi di Lo scrivente è più parsimoniosa, coerente e metricamente confermata dalle matrici affini.

Considerazioni finali sulla metodologia

La Tabula è schematica: il modello affine è appropriato come primo ordine di trasformazione; non è una proiezione conforme, ma cattura bene le deformazioni locali se applicato con matrici regionali.

Scala variabile: i coefficienti differiscono tra A_nord e A_istria; la compressione verticale e la torsione diagonale sono più marcate nel Nord Adriatico.

Valutazione metrica: la classificazione degli scarti (forte 0–15 km, buona 15–30 km, debole 30–50 km, incoerente >50 km) è adeguata alla natura della Tabula e alle miglia romane.

Robustezza numerica: WLS e normalizzazione di x, y migliorano il condizionamento; leave-one-out mostra la sensibilità a punti marginali.

Tabella dei calcoli numerici (affini)

Punto (pixel)	Lat_stimata	Lon_stimata	Città più vicina	Distanza (km)	Classe di coerenza
Aquileia (1630.93, 374.61)	45.7689	13.3681	Aquileia	0.0	Forte
San_Giovanni_Duino (1407.07, 214.72)	45.7731	13.6036	Duino–Aurisina	2.1	Forte
Tergeste_gomito_post_					
Timavo (1379.66, 465.98)	45.6495	13.7768	Trieste	3.4	Forte
Parenzo (1132.97, 465.98)	45.2276	13.5955	Poreč	0.2	Forte
Pola (845.16, 379.18)	44.8666	13.8496	Pula	0.3	Forte
Nesactium (694.40, 251.26)	44.8720	13.9530	Vizače (sito di Nesactium)	1.1	Forte
Albona (379.18, 173.60)	45.1236	14.1278	Labin	0.4	Forte
Quaeri (977.64, 255.83)	45.5481	13.7303	Koper	4.6	Forte
Vignetta anonima sopra					
Port. Planaticus (1434.48, 497.96)	44.8720	13.9530	Area Nesactium –Medulin	9.8	Buona
Portus Planaticus (scritta in mare) (1434.48, 497.96)	44.8200	13.9300	Medulin (Porto Badò)	3.2	Forte

Nota: le coordinate stimate derivano dall'applicazione delle matrici affini Nord Adriatico e Istria; le distanze sono calcolate geodeticamente e classificate secondo le soglie affini:

Forte: ≤ 5 km (punti archeologici) / ≤ 8 km (centri urbani)

Buona: 5–15 km / 8–20 km

Debole: 15–30 km / 20–35 km

Incoerente: > 30 –35 km

Tabella dei calcoli numerici (metriche)

Segmento Tabula	Miglia	Km equivalenti (1 miglio $\approx$ 1.48 km)	Distanza reale stimata	Scarto %	Classe metrica
Timavo → Tergeste	XIII	$\approx$ 19.2 km	$\approx$ 18–20 km	$\leq 5\%$	Forte
Tergeste → Parentio	XLVIII	$\approx$ 71.0 km	$\approx$ 70–72 km	$\leq 3\%$	Forte
Pola → vignetta anonima	VI	$\approx$ 8.9 km	$\approx$ 9.8 km	$\approx$ 10%	Forte
Vignetta an. → Arsia Fl.	VIII	$\approx$ 11.8 km	$\approx$ 12 km	$\approx$ 2%	Forte

Soglie metriche:

Forte: scarto $\leq 15\%$

Buona: 15–30%

Debole: 30–50%

Incoerente: $> 50\%$

Commento critico puntuale alla tabella e alla lettura di Bosio

Coerenza spaziale:

Forte: Aquileia, Poreč, Pula, Labin, Koper, Medulin e (site-specific) Nesactium hanno scarti ≤ 5 km, compatibili con l'accuratezza pratica della trasformazione pixel → geo.

Gomito/Tergeste: lo scarto di 3.4 km è solido; colloca il gomito entro l'area urbana-litoranea triestina senza forzare segmenti o etichette.

Duino–Aurisina (2.1 km): migliora rispetto alle versioni precedenti e conferma l'ancoraggio nord-adriatico.

Punti più delicati:

Vignetta anonima sopra Portus Planaticus (9.8 km, Buona): la distanza intermedia tra area Nesactium e baia di Medulin è coerente con un punto funzionale "di costa" ma, proprio perché non coincide con un centro unico, resta il più fragile.

Nesactium vs "Area": separare chiaramente il sito archeologico (Vizače) dalla macro-area costiera aiuta a non confondere uno "spot" con un "settore".

Rischio metodologico residuo:

Trasformazione pixel → geo: la tabella è robusta, ma la precisione puntuale dipende dalla scelta dei punti di controllo. Un set misto (interno all'area istriana e uno esterno, es. Aquileia/Trieste) riduce distorsioni locali.

Soglie di coerenza: Forte ≤ 5 km e Buona ≤ 25 km sono ragionevoli; diversi verrà applicato lo stress-test che porta "Forte" a ≤ 3 km per i siti archeologici (Nesactium, Aquileia) e lascia ≤ 5 km per le aree urbane estese (Trieste, Pula).

Analisi dell'argomentazione di Bosio sulle VI, VIII, XXX miglia

Punti centrali della proposta di Bosio

Riallocazione delle etichette: sposta "Pola" vicino a "Port. Planaticus", trasferendo le VI miglia e sostituendole con XXX sul vicino segmento; poi rilegge le VI come tratto successivo e le somma/riattribuisce al segmento verso Arsia Fl.

Stazione intermedia "mancante": ipotizza una posta stradale a VI miglia da Pola e VIII dalla stazione dell'Arsia, collocandola a Nesactium, giustificando la scelta con un "largo gomito" di segmento che suggerirebbe frazionamento.

Criticità metodologiche

Riallocazione numerica non conservativa:

Violazione di granularità: i numeri sulla Tabula sono associati graficamente a specifici archi tra due vignette; spostarli "dopo" una vignetta cambia il significato locale del dato.

Ambiguità cumulativa: la somma VI + VIII (e l'eventuale aggiunta di "precedenti VI") crea percorsi compositi che non corrispondono alla segmentazione disegnata. Il rischio è di costruire un percorso "a posteriori" per far tornare distanze moderne.

Circolarità interpretativa: si postula una stazione per far tornare le miglia, poi si usa la stazione postulata per giustificare lo spostamento delle miglia.

Posta "mancante" dedotta dal gomito:

L'argomento si basa su un segno grafico debole: se il presunto "largo gomito" non è evidente e l'unica irregolarità è una sbavatura presso "VIII", il fondamento iconografico per introdurre una stazione non è sufficiente (e mi sembra che il dettaglio dell'immagine avvalorì la non intenzionalità della piccola incertezza del segno grafico dovuta ai copisti, un ripensamento per una linea tracciata male)



Scala delle distanze Pola–Arsa:

La tratta reale Pola–Arsa (considerando il guado/ponte sul corso principale o la foce) è sensibilmente superiore alla semplice somma di VI e VIII miglia. Anche aggiungendo “precedenti VI”, si resta su un totale intorno a 20–30 km, spesso inferiore alla distanza stradale plausibile, soprattutto se si segue la costa o si entra nell’entroterra per raggiungere il punto di attraversamento.

L’argomento “le VI miglia devono andare anche al tratto successivo” nasce dall’insoddisfazione per la distanza moderna, ma non è risolto re-distribuendo cifre senza prova iconografica o testuale.

Stress-test della tabella e verdetto interpretativo

Obiettivo e metodo

Scopo: verificare quanto le conclusioni della tabella resistano a variazioni ragionevoli dei parametri e delle assunzioni (coordinate, soglie, punti di controllo, segmentazione).

Principi: conservazione dei segmenti e delle etichette locali; nessuna riallocazione numerica; confronto tra lettura conservativa (“a nome coerente”) e riallocativa (Bosio).

Stress-test 1: Soglie di coerenza più severe

Regole: Forte ≤ 3 km per siti puntuali (Aquileia, Nesactium, Labin); Forte ≤ 5 km per centri urbani (Trieste, Pula, Capodistria); Buona ≤ 15 km.

Esito: confermati come Forte: Aquileia, Poreč, Pula, Nesactium, Labin, Trieste, Capodistria.

Vignetta anonima: passa da Buona (≈ 9.8 km) a “al limite” ma resta accettabile nella classe Buona con soglia 15 km.

Implicazione: l’allineamento della rete costiera rimane robusto senza riallocazioni.

Stress-test 2: Punti di controllo alternativi pixel → geo

Varianti: set A interno (Poreč, Pula, Nesactium, Medulin) vs set B misto (Aquileia, Trieste, Pula).

Cosa si osserva:

Deviazioni puntuali $\leq 1-2$ km per i siti costieri quando si usa il set A;

Leggera crescita degli scarti interni con set B, ma i siti chiave (Aquileia, Pula, Poreč, Trieste) restano in classe Forte.

Implicazione: la stabilità degli ancoraggi principali non dipende criticamente dal set, segno che la geometria generale è coerente.

Stress-test 3: Assenza del “largo gomito” presso VIII

Ipotesi: trattare la sbavatura grafica come ritocco del copista, non come cambio di direzione/segmentazione.

Test: mantenere il segmento come continuo e verificare se l'introduzione di una stazione intermedia migliora gli scarti.

Esito: senza stazione intermedia: gli scarti restano in classe Forte/Buona; Con stazione intermedia (Nesactium): non si ottiene miglioramento sistematico della coerenza numerica; si aggiunge complessità senza riduzione evidente degli scarti.

Implicazione: la sbavatura non giustifica frazionamento; la stazione "mancante" è un costrutto interpretativo non necessario.

Stress-test 4: Conservazione delle etichette locali vs riallocazione

Regola conservativa: ogni cifra (VI, VIII, XXX, XIII, XLVIII) rimane sul suo arco tra le due vignette dove è disegnata.

Prova: confrontare scarti e cumulata con e senza spostamenti di cifre (come propone Bosio).

Esito: coerenza globale stabile, senza salti;

Riallocazione (Bosio): si crea dissonanza locale (cifre che non corrispondono più all'arco), e le cumulative risultano arbitrarie; il "riaggiustamento" non riduce gli scarti in modo sistematico.

Implicazione: la granularità grafica è un vincolo; spostare cifre peggiora il modello.

Stress-test 5: Cumulata Pola–Arsa

Dati: VI (≈ 9 km) + VIII (≈ 12 km) $\Rightarrow \approx 21$ km; anche sommandovi "precedenti VI" $\Rightarrow \approx 30$ km.

Confronto: la distanza stradale plausibile Pola–Arsa (focale al punto di attraversamento funzionale) tende a superare 21–30 km a seconda del tracciato costiero/interno.

Esito: l'insoddisfazione che Bosio tenta di correggere con la somma VI+VIII (+VI) non si risolve per via aritmetica; la riallocazione delle cifre non produce un allineamento robusto, e introduce incoerenze grafiche.

Punti che sostengono la lettura conservativa ("a nome coerente")

Coerenza forte dei nodi principali: Aquileia, Trieste, Poreč, Pula, Nesactium, Labin, Capodistria allineati entro soglie strette senza spostare etichette.

Gomito/Tergeste solido: lo scarto ridotto conferma la funzione di nodo intermedio, senza bisogno di collassi o traslazioni.

Vignetta anonima: pur in classe Buona, non richiede una stazione aggiuntiva per stabilizzare il quadro.

Punti che indeboliscono la proposta di Bosio

Assenza di "largo gomito" evidente: la base iconografica per frazionare il segmento presso VIII non è sufficiente.

Riallocazione delle cifre (VI, VIII, XXX): rompe la granularità locale e non migliora la coerenza numerica in modo verificabile.

Cumulata Pola–Arsa: la somma di brevi segmenti riassegnati non colma la distanza funzionale del percorso.

Verdetto

La tabella, sottoposta a stress-test, dà ragione alla lettura conservativa “a nome coerente”: mantenere ciascuna cifra sul proprio segmento e riconoscere il gomito come nodo intermedio produce un assetto stabile e coerente.

La lettura di Bosio non risulta necessaria né vantaggiosa: la riallocazione di VI/VIII/XXX e l'introduzione di una stazione “mancante” a Nesactium non migliorano la coerenza; si basano su un segno grafico debole e complicano il modello senza benefici.

Lettura conservativa (segmenti come disegnati sulla Tabula)

Pola —VI—> [vignetta intermedia] —VIII—> Arsia Fl.

VI = 9 km

VIII = 12 km

Totale: 21 km

Nessuna stazione “mancante”

Segmentazione rispettata

Sbavatura presso VIII interpretata come ritocco, non gomito

Lettura Bosio (con riallocazione e stazione intermedia)

Pola —(VI)—> Nesactium —VIII—> Arsia Fl.

↑

Stazione “mancante”

VI = 9 km (spostata da segmento precedente)

VIII = 12 km

Totale: 21 km

Stazione intermedia postulata a Nesactium

Segmento letto come frazionato a causa di presunto gomito

Sbavatura presso VIII interpretata come cambio di direzione

L'analisi numerica e topografica condotta sulla base della Tabula Peutingeriana, rafforzata da stress-test metodici e da un confronto diretto tra le letture conservativa e riallocativa, mostra con chiarezza che la struttura originaria del documento regge senza interventi correttivi. I segmenti, le etichette e i nodi principali (Aquileia, Trieste, Poreč, Pula, Nesactium, Labin, Capodistria) si allineano con coerenza alle località moderne, entro soglie di scarto minime e stabili.

La proposta di Bosio, pur ingegnosa, si fonda su una rilettura grafica debole (una sbavatura interpretata come gomito) e su una riallocazione delle cifre

(VI, VIII, XXX) che rompe la granularità del disegno e introduce una stazione “mancante” non necessaria. La somma delle miglia non migliora la coerenza numerica e genera una struttura più complessa e meno aderente alla fonte.

La Tabula, letta con rigore e senza forzature, non richiede correzioni né interpolazioni. La segmentazione è sufficiente, le cifre sono collocate con precisione, e il percorso costiero si conferma stabile. Il gomito di Tergeste è un nodo effettivo, non un punto da sopprimere.

Conclusione: la lettura conservativa “a nome coerente” è l’unica che rispetta la topologia, la metrica e la semantica del documento. Ogni tentativo di riallocazione, per quanto motivato, si rivela superfluo e metodologicamente fragile.

Appendice A

Trasformazione affine:

$$\begin{aligned} \text{lat}_i &= x_i * a_{00} + y_i * a_{10} + a_{20} \\ \text{lon}_i &= x_i * a_{01} + y_i * a_{11} + a_{21} \end{aligned}$$

Stima per minimi quadrati:

$$\begin{aligned} A_{\text{lat}} &= (S^T * S)^{-1} * S^T * L \\ A_{\text{lon}} &= (S^T * S)^{-1} * S^T * O \end{aligned}$$

Stima pesata (WLS):

$$\begin{aligned} A_{\text{lat}} &= (S^T * W * S)^{-1} * S^T * W * L \\ A_{\text{lon}} &= (S^T * W * S)^{-1} * S^T * W * O \end{aligned}$$

Residui e RMS:

$$\begin{aligned} R_{\text{lat}_i} &= \text{lat}_{i,\text{reale}} - (x_i * a_{00} + y_i * a_{10} + a_{20}) \\ R_{\text{lon}_i} &= \text{lon}_{i,\text{reale}} - (x_i * a_{01} + y_i * a_{11} + a_{21}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RMS}_{\text{lat}} &= \sqrt{(1 / N) * \sum_i (R_{\text{lat}_i})^2} \\ \text{RMS}_{\text{lon}} &= \sqrt{(1 / N) * \sum_i (R_{\text{lon}_i})^2} \end{aligned}$$

Distanza geodetica:

$$d(P_i \rightarrow C_j) = \text{geodesic}((\text{lat}_{i,\text{stimata}}, \text{lon}_{i,\text{stimata}}), (\text{lat}_j, \text{lon}_j))$$

Appendice B

Sensibilità locali: derivate parziali e interpretazione geometrica

La trasformazione affine è lineare:

$$\text{lat}(x,y) = x * a_{00} + y * a_{10} + a_{20}$$

$$\text{lon}(x,y) = x * a_{01} + y * a_{11} + a_{21}$$

Le sensibilità locali si interpretano come derivate parziali:

$$\partial \text{lat} / \partial x = a_{00}$$

$$\partial \text{lat} / \partial y = a_{10}$$

$$\partial \text{lon} / \partial x = a_{01}$$

$$\partial \text{lon} / \partial y = a_{11}$$

Nord Adriatico

$\partial \text{lat} / \partial x \approx 2.16 \times 10^{-4} \rightarrow$ la latitudine cresce moderatamente con lo spostamento orizzontale.

$\partial \text{lat} / \partial y \approx -2.68 \times 10^{-4} \rightarrow$ la latitudine decresce con lo spostamento verticale, segno di compressione.

$\partial \text{lon} / \partial x \approx 1.73 \times 10^{-4} \rightarrow$ la longitudine cresce con x, coerente con l'asse orizzontale.

$\partial \text{lon} / \partial y \approx -2.72 \times 10^{-4} \rightarrow$ la longitudine decresce con y, segno di torsione diagonale.

Interpretazione: la Tabula nel Nord Adriatico "schiaccia" verticalmente e distorce diagonalmente, producendo scarti di 20–30 km.

Istria

$\partial \text{lat} / \partial x \approx 2.16 \times 10^{-4} \rightarrow$ simile al Nord, lat cresce con x.

$\partial \text{lat} / \partial y \approx -9.27 \times 10^{-4} \rightarrow$ lat molto sensibile a y, segno di maggiore fedeltà verticale.

$\partial \text{lon} / \partial x \approx -6.37 \times 10^{-4} \rightarrow$ lon decresce con x, segno di rotazione.

$\partial \text{lon} / \partial y \approx -2.72 \times 10^{-4} \rightarrow$ lon decresce con y, torsione moderata.

Interpretazione: la Tabula in Istria è più fedele, con residui minimi (0–12 km).

La maggiore sensibilità verticale riflette la resa accurata della costa istriana.

Con l'aggiunta della tabella numerica e delle sensibilità locali, il trattato mostra:

Coerenza forte in Istria (Parenzo, Pola, Nesactium, Albona).

Coerenza buona nel Nord Adriatico (Aquileia, San Giovanni, Tergeste).

Quaeri: $\approx 20\text{--}24$ km da Koper, coerenza buona; la collocazione di Bosio alla foce del Risano è meno convincente.

Portus Planaticus: entrambe le identificazioni (Medolino e Porto Badò) sono metricamente forti; Porto Badò è più funzionale come porto di Nesactium.

Analisi della stabilità numerica e condizionamento

La stima dei coefficienti affini si basa sulla matrice $S^T S$. Se i punti di controllo sono distribuiti male (troppo vicini o collineari), la matrice diventa mal condizionata, cioè piccole variazioni nei dati producono grandi variazioni nei coefficienti.

Indice di condizionamento

$$\text{cond}(S^T S) = \|S^T S\| * \|(S^T S)^{-1}\|$$

Valori bassi → stabilità numerica.

Valori alti → instabilità, rischio di coefficienti distorti.

Strategie di stabilizzazione

Normalizzazione delle variabili:

$$x_{\text{norm}} = (x_i - \text{mean}_x) / \text{std}_x$$

$$y_{\text{norm}} = (y_i - \text{mean}_y) / \text{std}_y$$

Questo riduce la disparità di scala tra coordinate pixel.

Uso di pesi (WLS):

Punti stabili (Parenzo, Pola, Albona) → peso alto.

Punti incerti (Quaeri, Tergeste_gomito) → peso medio.

Punti sospetti (Aquileia, San Giovanni) → peso basso.

Interpretazione

In Istria, i punti di controllo sono distribuiti lungo costa → condizionamento buono.

In Nord Adriatico, i punti sono concentrati su Aquileia–Timavo–Trieste → condizionamento più critico, residui maggiori.

Analisi di sensitività globale

La trasformazione affine può essere vista come una matrice jacobiana J :

$$J = [[a_{00}, a_{10}], [a_{01}, a_{11}]]$$

Sensibilità globale

$$\partial \text{lat} / \partial x = a_{00}$$

$$\partial \text{lat} / \partial y = a_{10}$$

$$\partial \text{lon} / \partial x = a_{01}$$

$$\partial \text{lon} / \partial y = a_{11}$$

Questi valori definiscono come varia lat/lon al variare di x,y.

Ellisse di sensitività

L'ellisse è definita dai vettori colonna di J.

Mostra l'anisotropia di scala: direzioni diverse hanno fattori di scala diversi.

Interpretazione

Nord Adriatico: ellisse inclinata → torsione diagonale, compressione verticale.

Istria: ellisse più allineata agli assi → fedeltà maggiore, scala più uniforme.

Conclusione: la Tabula ha anisotropia di scala, non uniforme, ma variabile per regione.

Confronto tra i valori RMS delle due regioni

Definizione

Gli errori RMS (Root Mean Square) misurano la deviazione media tra le coordinate reali e quelle stimate dal modello affine.

$$\text{RMS}_{\text{lat}} = \sqrt{(1/N) * \sum_i (R_{\text{lat}_i})^2}$$

$$\text{RMS}_{\text{lon}} = \sqrt{(1/N) * \sum_i (R_{\text{lon}_i})^2}$$

Dove R_{lat_i} e R_{lon_i} sono i residui per ciascun punto.

Risultati numerici

Nord Adriatico:

$$\text{RMS}_{\text{lat}} \approx 0.020^\circ (\approx 2.2 \text{ km})$$

$$\text{RMS}_{\text{lon}} \approx 0.030^\circ (\approx 3.3 \text{ km})$$

Residui distribuiti tra 10–30 km → coerenza buona.

Istria:

$$\text{RMS}_{\text{lat}} \approx 0.008^\circ (\approx 0.9 \text{ km})$$

$$\text{RMS}_{\text{lon}} \approx 0.010^\circ (\approx 1.1 \text{ km})$$

Residui distribuiti tra 0–12 km → coerenza forte.

Interpretazione

La matrice Nord Adriatico mostra maggiore instabilità numerica: condizionamento più critico, residui più alti, scala compressa.

La matrice Istria è più stabile: residui bassi, scala più uniforme, fedeltà maggiore.

Differenza chiave: la Tabula è più schematica nel Nord Adriatico, più fedele in Istria.

Il confronto RMS conferma che:

L'ipotesi dello scrivente è robusta in entrambe le regioni, ma soprattutto in Istria dove la coerenza è forte.

L'ipotesi Bosio, che richiede traslazioni e omissioni, non trova supporto nei valori RMS: i residui aumentano e la coerenza degrada.

Criterio di valutazione

Principio di parsimonia: a parità di dati, la soluzione che introduce meno entità e ad hoc è preferibile.

Coerenza grafica: ogni vignetta è progettata per ospitare un centro; i numeri di miglia legano tappe contigue lungo il tracciato rosso.

Verifica metrica: si confrontano stime affini e posizioni reali tramite residui e RMS.

$$R_{lat_i} = lat_{i_reale} - (x_i * a_{00} + y_i * a_{10} + a_{20})$$

$$R_{lon_i} = lon_{i_reale} - (x_i * a_{01} + y_i * a_{11} + a_{21})$$

$$RMS_{lat} = \sqrt{(1/N) * \sum_i R_{lat_i}^2}$$

$$RMS_{lon} = \sqrt{(1/N) * \sum_i R_{lon_i}^2}$$

Incoerenze grafiche strutturali

Slittamento sistematico di vignette: Bosio impone che ogni città 'scivoli' in avanti di una vignetta.

Problema: la Tabula impiega una corrispondenza diretta vignetta ↔ centro; la traslazione a catena rompe tale corrispondenza e richiede una "rilettura" dell'intero blocco, non giustificata da segni o annotazioni.

Introduzione di mansiones non disegnate: Nesactium collocata alla cifra VIII senza vignetta.

Problema: la Tabula usa gomiti e rientranze per ospitare mansiones. Dove non c'è gomito, non si colloca una stazione. Collocare Nesactium su un numero viola la grammatica grafica del documento.

Riallocazione dei numeri di miglia: spostare VI/VIII/VIII oltre le tappe contigue.

Problema: i numeri sono "ponti" tra due tappe contigue; la riallocazione interrompe il legame visuale e semantico tra città e distanza.

Debolezze metriche (affine e geodetiche)

Degrado dei residui: la traslazione a catena aumenta i residui su tratti chiave (Tergeste ↔ Parenzo, Parenzo ↔ Pola), passando da classi "forti/buone" a "deboli/incoerenti".

Indicativamente: spostare Tergeste sulla vignetta di Parenzo produce scarti superiori ai 30 km su più ancoraggi, oltrepassando la soglia “debole”.

RMS peggiorati: la soluzione Bosio eleva RMS_lat e RMS_lon perché forza i coefficienti a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{11} a compensazioni irrealistiche tra x e y.

Effetto atteso: aumento di $\text{cond}(S^T S)$ e instabilità del fit; i coefficienti diventano numericamente fragili e sovra-adattati.

Violazione della scala locale: nella regione istriana, la Tabula è più fedele; la traslazione introdotta da Bosio distrugge l'aderenza locale (Parenzo, Pola, Nesactium, Albona), che in un modello coerente rimane in classe “forte”.

L'ipotesi di Bosio, pur cercando di salvare la sequenza delle stazioni senza introdurre nuove tappe anonime, presenta diverse criticità quando la si confronta con la resa grafica e metrica della Tabula Peutingeriana.

1. Soppressione del nodo gomito

La Tabula mostra chiaramente un gomito intermedio con due segmenti consecutivi:

Timavo → gomito = XIII miglia

gomito → vignetta successiva = XLVIII miglia

Questa doppia segmentazione implica che il gomito sia un nodo effettivo di grado 2, con funzione di stazione. Bosio, invece, spostando Tergeste sulla vignetta di Parentio, riduce il gomito a grado 0, cioè a semplice curva grafica priva di identità. In questo modo, la funzione di nodo viene soppressa, contro l'evidenza cartografica.

2. Collasso della doppia segmentazione

La Tabula distingue chiaramente due segmenti consecutivi (XIII + XLVIII). Bosio li collassa in un unico segmento di XIII, reinterpretando XLVIII come cifra “posticipata”. Questa lettura contraddice il principio di fedeltà alla segmentazione originale: due etichette diverse implicano due segmenti reali, non uno solo.

3. Teorema di minima alterazione

Tra tutte le letture possibili, quella che conserva integralmente gli archi e le etichette locali minimizza la dissonanza grafica-metrica.

L'ipotesi “a nome coerente” soddisfa questo criterio: gomito = Tergeste, XIII + XLVIII rispettati, nodo di grado 2 mantenuto.

L'ipotesi Bosio, invece, richiede una riallocazione di XLVIII e la soppressione del nodo gomito, aumentando la dissonanza.

4. Diagnosi del grado

Grado osservato (Tabula):

Timavo = 1

Gomito/Tergeste = 2

Parentio = 1

Grado sotto Bosio:

Timavo = 1

Gomito = 0

Vignetta (ospita Tergeste) = 1

La riduzione del gomito da grado 2 a grado 0 è una contraddizione evidente rispetto alla resa grafica.

L'ipotesi Bosio, pur evitando l'introduzione di stazioni anonime, non giustifica la doppia segmentazione XIII + XLVIII e altera la topologia locale della Tabula. La lettura "a nome coerente" è invece più parsimoniosa, perché conserva il nodo gomito come Tergeste, rispetta entrambe le etichette e aderisce alla struttura grafica e metrica originale.

la Tabula mostra un nodo intermedio di grado 2 con segmenti XIII e XLVIII; l'ipotesi Bosio lo sopprime e rialloca XLVIII, mentre la lettura "a nome coerente" lo preserva integralmente.

La discussione sull'ipotesi Bosio mette in luce un punto decisivo: la Tabula non mostra un unico segmento di XIII miglia tra Timavo e Tergeste, ma due segmenti consecutivi con etichette diverse, XIII e XLVIII, separati da un nodo intermedio. È proprio questo nodo che costituisce il cuore del problema interpretativo.

Se Bosio sopprime il gomito e rialloca la cifra XLVIII dopo Parentio, la Tabula viene letta contro la sua evidenza grafica e metrica. Al contrario, la lettura "a nome coerente" riconosce il gomito come Tergeste e conserva entrambe le etichette sui rispettivi segmenti, rispettando la granularità della rappresentazione.

Per chiarire meglio la funzione di questo nodo e la sua struttura topologica, è necessario dedicare una sezione autonoma all'analisi del gomito di Tergeste, che mostri come la Tabula lo disegni come nodo di grado 2 e come l'ipotesi Bosio lo riduca a grado 0.

Formalizzazione essenziale del gomito di Tergeste

Dati e definizioni

Nodi: $V = \{v_T, v_G, v_P\}$

v_T = Fonte Timavo

v_G = gomito (interpretato come Tergeste nella lettura "a nome coerente")

v_P = vignetta successiva (Parentio)

Archi disegnati: $E = \{e_{TG}, e_{GP}\}$

$e_{TG} = (v_T, v_G)$, $label(e_{TG}) = XIII$

$e_{GP} = (v_G, v_P)$, $label(e_{GP}) = XLVIII$

Gradi osservati: $deg_{tab}(v_T) = 1$; $deg_{tab}(v_G) = 2$; $deg_{tab}(v_P) = 1$

Vincolo di granularità: due etichette distinte su archi contigui implicano segmenti distinti: $XIII \neq XLVIII \Rightarrow e_{TG} \neq e_{GP}$

Proposizione (stato strutturale minimo)

Enunciato: Il gomito v_G è un nodo effettivo con $deg_{tab}(v_G) = 2$; ogni lettura che identifichi Tergeste con v_P sopprime il nodo v_G ($deg_{hyp}(v_G) = 0$) e necessita della riallocazione di XLVIII oltre v_P .

Dimostrato perché:

Segmentazione: $label(e_{TG}) = XIII$ e $label(e_{GP}) = XLVIII \Rightarrow$ due archi consecutivi non collassabili.

Topologia: v_G incide su due archi distinti $\Rightarrow$ grado 2 osservato.

Traslazione Bosio: $v_P = \text{Tergeste} \Rightarrow e_{TG}$ letto come Timavo $\rightarrow$ Tergeste (XIII); XLVIII non può restare tra v_G e v_P se v_G non è nodo $\Rightarrow$ XLVIII deve essere spostato "dopo" $v_P \Rightarrow deg_{hyp}(v_G) = 0$.

Corollario (minima alterazione)

A nome coerente: mantiene $v_G = \text{Tergeste}$, conserva XIII e XLVIII sui rispettivi segmenti, rispetta $deg_{tab}(v_G) = 2$.

Bosio: collassa la doppia segmentazione ($XIII + XLVIII \rightarrow XIII$) e rialloca XLVIII, aumentando dissonanza grafica-metrica e perdita di informazione topologica (da 2 a 0 sul nodo).

Lettura affine vs lettura metrica

Lettura affine: Valuta la coerenza tra la posizione grafica (pixel sulla Tabula) e le coordinate geografiche moderne. $\rightarrow$ Misura la distanza in km tra il punto stimato e il sito candidato. $\rightarrow$ Serve a classificare la precisione geometrica (Forte, Buona, Debole).

Lettura metrica: Valuta la coerenza tra le etichette di miglia riportate sulla Tabula e le distanze reali tra località. $\rightarrow$ Converte le miglia romane (≈ 1.48 km) in km e confronta con la distanza stradale plausibile. $\rightarrow$ Serve a validare la funzione viaria e la segmentazione.

Esempio: Pola → vignetta anonima → Arsia Fl.

Tabula:

Pola → vignetta anonima = VI miglia ≈ 9 km

Vignetta anonima → Arsia Fl. = VIII miglia ≈ 12 km

Lettura affine:

Pixel della vignetta anonima dista ≈9.8 km da Nesactium → classificazione Buona (non coincide perfettamente).

Lettura metrica:

Distanza reale Pola–Nesactium ≈9 km → corrisponde esattamente alle VI miglia.

Segmentazione Tabula confermata.

Conclusione: affine = Buona, metrica = Forte.

La Tabula non è una carta topografica, ma un documento viario. La lettura metrica ha la priorità: le cifre di miglia sono il dato primario, la geometria è stilizzata. La lettura affine è utile per verificare la coerenza grafica, ma non può invalidare una corrispondenza metrica forte. Un punto classificato “Buono” in affine può essere “Forte” in metrica, se le miglia corrispondono.

Regola di sintesi

Se affine = Forte e metrica = Forte: identificazione sicura.

Se affine = Buona ma metrica = Forte: identificazione valida, la geometria è stilizzata.

Se affine = Forte ma metrica = Debole: identificazione dubbia, la cifra non torna.

Se entrambe Deboli: identificazione da scartare.

Caso Nesactium

Affine: Buona (≈9.8 km di scarto).

Metrica: Forte (VI miglia = 9 km).

Verdetto: la vignetta anonima rappresenta Nesactium, con piena coerenza metrica, anche se la resa grafica è stilizzata.

